

**I costi ombra dei sistemi flessibili di
produzione**

S.Riemma

WP 93-102

I "Costi ombra" dei Sistemi Flessibili di Produzione

S. Riemma

Sommario

Nel presente articolo sono evidenziati i costi ombra generati dall'introduzione di un sistema FMS in un'azienda operante in maniera tradizionale.

Tali costi, che riguardano sia l'installazione del nuovo impianto sia l'adeguamento della struttura preesistente, vengono spesso trascurati, se non addirittura completamente ignorati, e possono così alterare significativamente i risultati economici attesi.

1 Premessa

Con l'inizio degli anni '90 è tramontato definitivamente il mito della cosiddetta "fabbrica a luci spente", nella quale il ricorso ad impianti produttivi automatici, flessibili e ad elevato grado di integrazione, avrebbe consentito di produrre in assenza di operatori.

Tale obbiettivo non è stato conseguito a causa di numerosi ostacoli di natura tecnica ed economica, che hanno costretto il management ad accontentarsi - in modo meno ambizioso, ma più realistico - del raggiungimento di obbiettivi parziali quali l'automazione di isole produttive, l'integrazione informatica delle funzioni aziendali, lo sviluppo di progetti di qualità totale, la razionalizzazione della logistica, ecc.

Le principali cause che più frequentemente hanno contribuito al citato ridimensionamento sono i "costi ombra" generati dai suddetti investimenti, che spesso hanno reso antieconomiche anche soluzioni impiantistiche molto innovative.

2 I costi ombra dei sistemi FMS

Nel passaggio dalla tradizionale macchina utensile ai moderni centri di lavoro CNC, la "meccatronica" ha assunto sempre più il compito di eliminare le fasi del ciclo di lavoro

eseguite dall'operatore, che hanno rappresentato il principale ostacolo alla riduzione dei tempi di produzione ed al mantenimento di un costante standard di qualità.

Ci pare opportuno rammentare che, come è noto, il tempo effettivo di asportazione di truciolo raggiungeva fino a poco tempo fa appena il 30% del tempo di permanenza di un pezzo in macchina, essendo l'ulteriore 70 % impegnato per operazioni quali staffaggi, posizionamenti, controlli, ecc. (fig. 1a)

Negli attuali CNC il diffuso ricorso ad automatismi di grado sempre più elevato ha consentito di ribaltare i citati valori percentuali, riducendo drasticamente gli interventi manuali nel ciclo di lavoro (fig. 1b).

L'adozione dei sistemi FMS, oltre ad un ulteriore incremento della percentuale del tempo di effettiva asportazione di truciolo (fino a valori di circa l'80%), ha poi consentito di razionalizzare il flusso dei pezzi nei reparti, ottimizzando le fasi di movimentazione e consentendo politiche di produzione con mix e lotti fortemente variabili. In tali condizioni, il tempo di attesa dei pezzi diminuisce fino a valori del 10÷15 % dell'intero tempo di permanenza in reparto (fig. 1c).

La complessità crescente di tali sistemi ha però comportato la necessità di sviluppare notevolmente alcune funzioni "accessorie" atte a garantire un adeguato funzionamento non presidiato, il cui costo è generalmente trascurato o sottovalutato in un'analisi di convenienza economica di un investimento in FMS.

Scopo del presente lavoro è di evidenziare i costi ombra generati da tali funzioni, trascurati in fase di preventivo e successivamente da noi individuati durante l'avviamento di un FMS in un'azienda aeronautica (fig. 2). In quanto segue si passano in rassegna le suddette voci di spesa opportunamente classificate.

2.1 Costi tecnici

In essi consideriamo tutti quelli derivanti dalla necessità di potenziamento degli impianti ausiliari e degli strumenti hardware/software, oltre che di ampliamento delle scorte dei materiali di consumo.

In particolare occorre stimare con notevole attenzione la potenza elettrica richiesta dal sistema (che può risultare anche doppia rispetto a quella del parco macchine preesistente, a causa del gran numero di sistemi meccanizzati funzionanti con un coefficiente di contemporaneità molto elevato), e garantire un servizio esente da microinterruzioni ed oscillazioni di tensione, ai fini del funzionamento non presidiato durante l'intervallo mensa ed il terzo turno di lavoro (fig. 3).

Il notevole incremento della potenza elettrica installata genera inoltre quantità di calore aggiuntive, che provocano elevate variazioni termiche dei locali produttivi con conseguente variabilità della precisione e della funzionalità dei sistemi di lavorazione e di misura.

Si rende pertanto necessaria la presenza di un'adeguata termoregolazione capace di contenere, entro limiti accettabili, le suddette variazioni termiche.

Negli FMS si genera poi un'elevata produzione di trucioli, ciò che rende opportuno ricorrere a sistemi automatici di evacuazione in grado di operare, eventualmente, anche in assenza di presidio.

Non vanno inoltre sottovalutati gli investimenti occorrenti per adeguare l'ufficio tecnico di officina alle nuove necessità comportate dall'impianto.

Da questo ovviamente si desidera ottenere, con un numero minimo di passaggi sui centri di lavoro, un prodotto finito che non richieda ulteriori lavorazioni su altre macchine. A questo scopo risulta indispensabile il ricorso a sistemi CAD, CAM e CAPP che, opportunamente integrati al sistema di gestione del FMS, consentano di incrementare in maniera notevole la produttività del personale tecnico e di eseguire lavorazioni complesse generalmente realizzate su macchine dedicate.

Un altro costo ombra è costituito dall'incremento delle scorte di utensili generato dall'assenza di operatori macchina; ciò costringe infatti a rigide e frequenti sostituzioni dei taglienti, per prevenire possibili rotture e conseguenti danni agli attrezzi ed ai pezzi.

Il suddetto incremento può essere contenuto con il ricorso a sofisticati e costosi sistemi di monitoraggio della potenza assorbita dal mandrino, in grado di adattare i parametri di taglio secondo condizioni ottimali da individuare preliminarmente con un notevole dispendio di tempo.

Per contenere ulteriormente le scorte di taglienti si può ridurre la tipologia degli utensili impiegati. Ciò può realizzarsi mediante:

- un'approfondita analisi tecnologica delle lavorazioni ed il successivo accorpamento di più funzioni con lo stesso utensile;
- la richiesta di modifiche ai particolari, così da adattarli agli utensili disponibili;
- l'eliminazione di utensili con taglienti fuori standard, a vantaggio eventualmente di utensili speciali dotati di taglienti a catalogo.

2.2 Costi di addestramento

Sono relativi all'addestramento del personale che opera sull'impianto e, oltre a comprendere ovviamente il costo dei corsi di formazione, considerano le inefficienze dipendenti dalla non perfetta conoscenza iniziale del sistema esprimibili attraverso le classiche curve di apprendimento.

In fig. 4 si evidenzia il notevole scostamento tra la curva rilevata per l'FMS in questione e quella relativa alle stesse macchine CNC in configurazione stand-alone.

Questa differenza è ovviamente dovuta alla maggiore complessità del sistema, che richiede un lungo tempo - speso direttamente sull'impianto - per acquisire una buona esperienza di conduzione. La conseguente "perdita di produttività" rilevata in tale periodo di avviamento costituisce pertanto un costo ombra che deve essere attentamente valutato nell'analisi dell'output atteso.

A tale scopo possiamo esprimere il rendimento globale dell'impianto mediante il prodotto di 5 rendimenti specifici.

In particolare, dette (con riferimento ad un anno)

| | |
|----------|----------------------------------------------------|
| O_{ta} | ore teoricamente disponibili |
| O_{fp} | ore di fermo impianto per manutenzione programmata |
| O_{fi} | ore di fermo impianto per manutenzione contingente |
| O_{ct} | ore di impegno macchina teorico |
| O_{ce} | ore di impegno macchina realizzato |
| O_{cc} | ore di produzione esenti da scarti |

si ha:

| | | | |
|-------|---|-------------------|-----------------------------------|
| O_d | = | $O_{ta} - O_{fp}$ | ore di prevedibile utilizzo |
| O_p | = | $O_d - O_{fi}$ | ore produttive effettive |
| N_t | = | O_d/O_{ta} | rendimento teorico di impianto |
| N_b | = | O_p/O_d | rendimento effettivo di impianto |
| N_c | = | O_{ct}/O_p | rendimento di gestione |
| N_p | = | O_{ce}/O_{ct} | rendimento tecnologico |
| N_o | = | O_{cc}/O_{ce} | rendimento di conformità prodotti |

I rendimenti che riguardano la valutazione dei costi di addestramento sono N_c e N_p .

Il primo considera le inefficienze della non corretta programmazione della produzione ed i ritardi delle operazioni da essa derivanti (prelievo e preparazione pezzi, allestimento pallet, montaggio attrezzature ed utensili, preparazione programmi, ecc.), ed assume il valore di $0.7 \div 0.8$ nelle prime fasi di vita dell'impianto (6÷8 mesi), per poi attestarsi intorno a $0.95 \div 0.98$.

Il secondo invece considera le perdite di produttività legate alle conoscenze che gli operatori ed i tecnici di programmazione devono acquisire sulle modalità operative dei vari sistemi dell'impianto (macchine, trasporti, tool room, ecc.), nonchè le ineliminabili fasi manuali legate al normale esercizio (test dei partprogram e delle routines ausiliarie, verifica del centraggio attrezzi, controllo dello stato utensili,

ecc.). Durante le fasi di apprendimento N_p assume valori notevolmente bassi ($0.4 \div 0.5$), per poi raggiungere la soglia di $0.85 \div 0.95$.

Come già detto, gli altri rendimenti non influenzano i costi di addestramento, ma risultano di fondamentale importanza per il calcolo della perdita di produttività.

A tal fine, le case costruttrici di FMS indicano per N_t un valore compreso tra 0.9 e 0.95.

N_b può essere mediamente assunto pari a 0.85, ma dipende dalla tipologia dei materiali lavorati (leghe leggere, acciai ad alta resistenza, titanio, ecc.), dall'efficienza del servizio di assistenza interno e/o esterno (vicinanza ed entità dei magazzini ricambi, numero manutentori), e dall'idoneità dei servizi ausiliari (continuità di erogazione energia elettrica, temperatura media locali, evacuazione trucioli, ecc.).

Infine N_o è fortemente variabile in funzione della validità tecnica dell'attrezzatura, dell'utensileria, e dei parametri di taglio; in taluni casi si può arrivare sino al valore 0.9 (1 pezzo difettoso ogni 10 !), pur essendo i moderni centri di lavoro dotati di sofisticati controlli per la compensazione degli errori.

Per quanto si qui detto, il rendimento complessivo dell'impianto può risultare dell'ordine di 0.3 nella fase di startup e di $0.7 \div 0.8$ in quella di regime.

2.3 Costi di know now tecnologico

Per ottenere una lavorazione non presidiata da operatori macchina è necessario acquisire conoscenze tecniche più approfondite che nel caso di macchine stand-alone assistite da personale dedicato, per le quali la presenza dell'operatore serve a ridurre le possibili carenze tecnologiche.

L'acquisizione delle suddette conoscenze tecniche aggiuntive comporta ulteriori costi, da noi distinti da quelli riportati nel paragrafo precedente perchè sostenuti off-line, cioè senza impegnare l'impianto FMS.

Tra questi, particolare rilievo assume lo studio del comportamento degli utensili nelle diverse condizioni di funzionamento.

Nello specifico si deve porre adeguata attenzione nella scelta della configurazione dell'utensile, in modo da eliminare sia le vibrazioni sul pezzo, sia la formazione di truciolo filante. Tale scelta deve comunque tenere conto della necessità di lavorare il maggior numero di particolari con il medesimo utensile, anche se ciò porta ad una soluzione tecnologicamente non ottimale.

Il ricorso a tale compromesso richiede, da parte dei tecnici programmatori, un approfondito know how tecnologico da conseguirsi sia attraverso corsi specifici sia mediante l'esperienza acquisita sul campo.

Il tempo richiesto off-line per il raggiungimento di un livello di conoscenza sufficiente a trattare le problematiche descritte è di circa 1 anno uomo, mentre il lavoro on-line è considerato nel rendimento N_c in precedenza introdotto.

Un ulteriore aspetto che richiede approfondimenti tecnologici è l'ottimizzazione dei sistemi di bloccaggio dei pezzi sui pallet.

L'errore più frequentemente commesso nel passaggio da macchine stand-alone ad un sistema FMS è ritenere completamente riutilizzabili le attrezzature di staffaggio già disponibili.

Nella maggior parte dei casi risulta invece più semplice ed economico realizzare nuove attrezzature piuttosto che effettuare complicate e costose modifiche. Capita spesso infatti di imbattersi in cicli di lavorazione in cui sono previste soste nei partprogramm, per consentire il montaggio/smontaggio di parti di attrezzatura.

In un sistema FMS tali fasi possono essere effettuate esclusivamente nelle stazioni di carico/scarico, provocando notevoli appesantimenti nella gestione dei trasporti (di pezzi ed utensili) e nella scrittura dei programmi, oltre che un'ulteriore riduzione del rendimento N_p dell'impianto.

La soluzione a tali inconvenienti è rappresentata da sistemi di attrezzature multiple, in grado di consentire la lavorazione completa dei particolari (preferibilmente su un singolo pallet) senza soste intermedie; siffatte attrezzature comportano ovviamente una notevole lievitazione dei costi di progettazione e di realizzazione.

Un ulteriore costo generato dall'introduzione di un FMS deriva dall'adozione di avanzate tecniche CAD/CAM per la programmazione dei CNC, che richiedono operatori specificatamente addestrati per un tempo di durata non inferiore a 5÷6 mesi, consentendo però di migliorare il valore dei rendimenti N_c , N_o e N_p .

2.4 Costi di manutenzione

Questi assumono preminente importanza in un sistema FMS, in quanto l'assenza di presidio diretto, l'aumento del grado di utilizzazione, la massiccia presenza di delicati componenti elettronici e la complessità del grado di integrazione dei vari sub-sistemi rappresentano cause che concorrono all'incremento della frequenza dei guasti.

L'acquisto di un FMS impone, di conseguenza, l'organizzazione di un efficiente servizio di manutenzione in grado di provvedere tempestivamente ad interventi di natura meccanica ed elettronica, così da mantenere il rendimento N_p su valori elevati.

Tale necessità aumenta, ovviamente, al diminuire dell'importanza strategica che il fornitore del sistema FMS attribuisce al proprio cliente. (fig. 5)

Il livello di servizio fornito dall'Assistenza Clienti può essere garantito da specifici contratti onnicomprensivi, che definiscono anche i tempi di intervento e le eventuali penalità.

Tali contratti rappresentano comunque un notevole onere per l'azienda ($1,5 \div 3$ % del costo di impianto), non tutelano completamente da eventuali disservizi e generano spesso notevoli contenziosi tra le parti. Si deve inoltre considerare che il valore di MTBF, dipendente anche dalla tipologia dei materiali lavorati, può essere pari a $4 \div 6$ ore durante la fase di mortalità infantile o nel caso di lavorazioni gravose. Tale valore, oltre ad essere evidentemente incompatibile con un'assistenza esterna, è spesso generato da inconvenienti di piccola entità (microinterruttori, pressostati, componentistica elettronica, ecc).

In virtù di quanto sopra esposto ci sembra quindi opportuno realizzare contratti di manutenzione che prevedano la sola sostituzione rapida delle parti danneggiate, concordare ad ogni chiamata i tempi degli interventi esterni ed addestrare una squadra interna - composta da periti elettronici e meccanici opportunamente formati - per effettuare le riparazioni più semplici e frequenti, ovvero per agevolare l'intervento esterno.

A titolo di esempio vale la pena osservare che, relativamente all'impianto di riferimento, il parametro MTBF ha assunto inizialmente un valore di circa 2 giorni nel periodo in cui la manutenzione è stata effettuata esclusivamente dal fornitore del sistema; tale valore si è ridotto successivamente a circa 1 ora con il ricorso a risorse interne adeguate addestrate.

3 I costi di integrazione

I costi fin qui introdotti sono direttamente conseguenti all'installazione di un FMS, ma non costituiscono le uniche voci di spesa aggiuntive da prendere in considerazione per un progetto di razionalizzazione globale della produzione.

Ciò in quanto, essendo il sistema produttivo costituito da sub-sistemi interagenti, la sola presenza di un FMS non garantisce il raggiungimento di soluzioni ottimali per l'intero ciclo produttivo.

E' infatti opportuno prevedere una serie di investimenti "paralleli", in grado di consentire a tutti i settori aziendali di beneficiare dell'introduzione di un sistema di produzione così innovativo.

Tali investimenti, che comportano il suddetto costo di integrazione, sono necessari per riorganizzare i reparti contigui all'FMS, il servizio trasporti interni, ed il sistema informativo.

Senza tale riorganizzazione, infatti, l'intero impianto produttivo può trovarsi in condizioni critiche, potendosi così generare una riduzione del volume di produzione ed un aumento della difettosità e/o del WIP. L'impianto cioè, perturbato dal

diverso modo con cui è gestita la produzione e nel tentativo di seguire i ritmi imposti dall'automazione, può comportare il peggioramento delle performances precedentemente consolidate.

L'obiettivo di ridurre il WIP è generalmente conseguito evitando le soste, che spesso rappresentano - come già detto - fino al 95% dell'intero tempo di flusso, e ridisegnando il layout dei reparti in maniera da diminuire le distanze dei trasferimenti.

Il servizio trasporti interni deve adeguarsi alle mutate condizioni di produzione, costituite soprattutto da un'elevata frequenza di uscita dei pezzi dall'impianto e da una notevole riduzione delle dimensioni dei lotti di fabbricazione.

Particolare attenzione va infine posta alla riorganizzazione del flusso informativo, in quanto occorre avere informazioni produttive (tempi ciclo, tempi di flusso, produzione giornaliera, carichi macchina, ecc.) estremamente affidabili. E' a tal fine necessario integrare tra loro i calcolatori presenti nelle varie aree produttive (reti), aggregare le informazioni e renderle univoche (database), snellire le operazioni tecnologiche (CAD, CAM, CAPP, ecc.), gestire adeguatamente i materiali (MRP, ecc.).